

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-282448

(43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/205
C23C 16/511

(21)Application number : 2002-077979

(71)Applicant : ADVANCED LCD TECHNOLOGIES
DEVELOPMENT CENTER CO LTD

(22)Date of filing : 20.03.2002

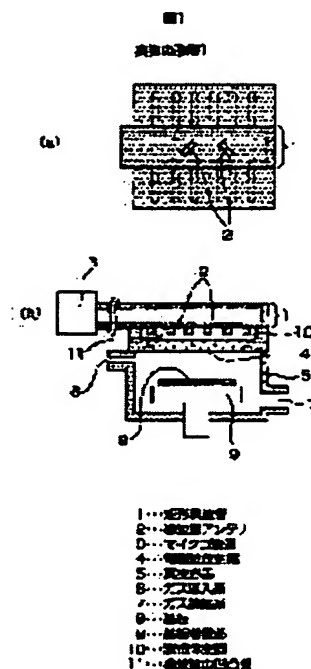
(72)Inventor : GOTO SHINJI
NAKADA YUKIHIKO

(54) PLASMA TREATMENT APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treatment apparatus which treats a large-area substrate or a rectangular substrate even when using reactive plasma.

SOLUTION: The plasma treatment apparatus comprises a rectangular waveguide 1, a waveguide antenna 2 comprising slits formed in an H-face of the waveguide 1, an electromagnetic radiation window 4 formed of a dielectric substance, and a dielectric space 10 sandwiched between the waveguide antenna 2 and the electromagnetic radiation window 4. The plasma treatment apparatus produces plasma by electromagnetic waves radiated from the waveguide antenna 2 through the electromagnetic radiation window 4. The face of the waveguide 1 which faces the electromagnetic radiation window 4 is formed with an irregular section 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(11)特許出願公開番号

特開2003-282448

(P2003-282448A)

(43)公開日 平成15年10月3日(2003.10.3)

(51) Int.Cl.7

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

H O 1 L 21/205

H O 1 L 21/205

4 K 0 3 0

C 2 3 C 16/511

C 2 3 C 16/511

5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2002-77979(P2002-77979)

(22)出願日 平成14年3月20日(2002.3.20)

(71)出願人 501286657

株式会社 液晶先端技術開発センター

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

(72)発明者 後藤 真志

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社液晶先端技術開発センター内

(72)発明者 中田 行彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社液晶先端技術開発センター内

(74) 代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外1名)

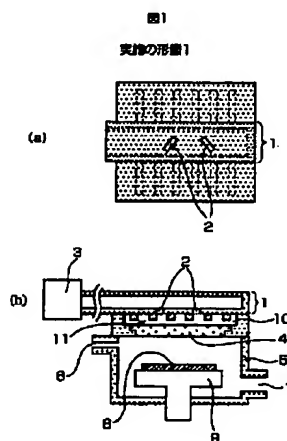
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】反応性プラズマの場合であっても、大面積基板や角型基板を処理することができるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】矩形の導波管１と、導波管１のＨ面に設けたスリットから構成される導波管アンテナ２と、誘電体からなる電磁波放射窓４と、導波管アンテナ２と電磁波放射窓４とに挟まれた誘電体空間１０とを具備し、導波管アンテナ２から電磁波放射窓４を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、導波管１の電磁波放射窓４と対向する面に凹凸部１１を設けた構成。



- 1... 矩形導波管
- 2... 螺旋波アンテナ
- 3... マイクロ波炉
- 4... 電磁波放射源
- 5... 真空容器
- 6... ガス導入系
- 7... ガス排気系
- 8... 基板
- 9... 高低電圧部
- 10... 閉じ込め空間
- 11... 導波管の出入口

【特許請求の範囲】

【請求項1】導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、
前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記導波管の前記電磁波放射窓と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、
前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記電磁波放射窓の前記導波管と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、
前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記電磁波放射窓は、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】前記第2の部材の大きさは、前記電磁波の波長の $1/8$ よりも大きいことを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓と、前記導波管アンテナと前記電磁波放射窓とに挟まれた誘電体空間とを具備し、
前記導波管アンテナから前記誘電体空間および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】前記メッシュの間隔は、前記導波管アンテナの下で狭く、そこから離れるに従って広くしてあることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、
前記同軸伝送路から前記電磁波放射板および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記電磁波放射窓の前記電磁波放射板と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、
前記同軸伝送路から前記電磁波放射板および前記電磁波

放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、

前記電磁波放射窓は、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項9】前記第2の部材の大きさは、前記電磁波の波長の $1/8$ よりも大きいことを特徴とする請求項8記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓と、前記電磁波放射板と前記電磁波放射窓とに挟まれた誘電体空間とを具備し、
前記同軸伝送路から前記電磁波放射板、前記誘電体空間および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、
前記誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】前記電磁波放射窓の前記プラズマと接する面は平坦面であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9または10記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置に係り、特に、大型の角型基板に対して、膜堆積、表面改質、あるいはエッチング等のプラズマ処理を施すための装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置や液晶表示装置等の製造プロセスにおいて、膜堆積、表面改質、あるいはエッチング等のプラズマ処理を施すためには、平行平板型の高周波プラズマ処理装置や、電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマ処理装置などが用いられている。

【0003】しかしながら、平行平板型プラズマ処理装置では、プラズマ密度が低く、電子温度が高い、また、ECRプラズマ処理装置では、プラズマ励起に直流磁場が必要であるため、大面積の処理が困難であるという問題を抱えている。

【0004】これに対して、近年、プラズマ励起に磁場が不要であり、高密度でかつ電子温度が低いプラズマが生成し得るプラズマ処理装置が提案されている。

【0005】以下、そのような装置について説明する。

【0006】《従来の第1のプラズマ処理装置》図7（a）は、第1のプラズマ処理装置の上面図、（b）は断面図である。

【0007】この従来の第1のプラズマ処理装置は、特許第2722070号公報に記載されている。

【0008】71は同軸伝送路、72は円形マイクロ波放射板、73は円形マイクロ波放射板72に同心円状に

設けたスリット、74は誘電体からなる電磁波放射窓、75は真空容器、76はガス導入系、77はガス排気系、78はプラズマ処理する基板、79は基板載置部である。

【0009】このプラズマ処理装置は、同心円状に配されたスリット73を有する円形マイクロ波放射板72に、同軸伝送路71からマイクロ波電力が供給される。

【0010】このプラズマ処理装置では、同軸伝送路71から円形マイクロ波放射板72の中心に向けて導入したマイクロ波を、円形マイクロ波放射板72の径方向に伝播させつつ、円形マイクロ波放射板72に設けたスリット73から放射することにより、真空容器75内に均一なプラズマを生成しようとするものである。

【0011】《従来の第2のプラズマ処理装置》図8(a)は、第2のプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【0012】この従来の第2のプラズマ処理装置は、特許第2857090号公報に記載されている。

【0013】81は矩形導波管、82は導波管アンテナ、83はマイクロ波源、84は誘電体からなる電磁波放射窓、85は真空容器、86はガス導入系、87はガス排気系、88はプラズマ処理する基板、89は基板載置部、90は矩形導波管81の反射面(短絡面、R面)、91は矩形導波管81のH面(マイクロ波の電界方向に垂直な面)である。

【0014】このプラズマ処理装置は、矩形導波管81のH面91の一部に配したスリットからなる導波管アンテナ82から、電磁波放射窓84を介してマイクロ波電力を供給することにより、真空容器85内にプラズマを生成する。

【0015】このプラズマ処理装置では、矩形導波管81の反射面90でのマイクロ波の反射を考慮し、矩形導波管81のH面91に設けた2つの導波管アンテナ82を構成するスリットの幅(開口面積)を変化させることにより、マイクロ波の該スリットからの放射電力を均一化しようとするものである。なお、図8(a)では、スリットの幅の変化については、図示省略しているが、当該公報に記載されているように、例えば、該スリットは、矩形導波管81の反射面90に向かって狭くなるように、階段状あるいはテーパ状に変化した形状を有する。

【0016】これにより、生成されたプラズマが十分に拡散すれば、2つのスリットから放射されたマイクロ波電力により比較的均一なプラズマを発生させることが可能となる。

【0017】なお、最近では、半導体装置や液晶表示装置を製造するために用いるプラズマ処理装置においては、基板サイズの拡大に伴って、装置の大型化が進み、特に液晶表示装置の場合には、1メートル級の基板を処理するための装置が必要である。これは半導体装置の製

造に用いる直径300mmの基板の約10倍の面積に当たる。

【0018】さらに、上記プラズマ処理には、モノシランガス、酸素ガス、水素ガス、塩素ガスといった反応性ガスが原料ガスとして利用されている。これらのガスのプラズマ中には、多くの負イオン(O⁻、H⁻、Cl⁻等)が存在しており、これらの振る舞いを考慮に入れた製造設備および製造方法が求められている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来の第1、第2のプラズマ処理装置には、以下に示すような課題があった。

【0020】《従来の第1のプラズマ処理装置の課題》図7に示した従来の第1のプラズマ処理装置のように、マイクロ波を同軸伝送路71や円形マイクロ波放射板72等の導体中を伝播させる場合には、これら導体中での銅損などの伝播ロスが発生する。この伝播ロスは、周波数が高くなるほど、また、同軸伝送距離や放射板面積が大きくなるほど、深刻な問題となる。したがって、液晶表示装置等の非常に大きな基板に対応した大型装置の場合には、マイクロ波の減衰が大きく、効率的なプラズマ生成が困難である。

【0021】また、円形マイクロ波放射板72からマイクロ波を放射するこのプラズマ処理装置においては、半導体装置のような円形基板を処理する場合には適しているが、液晶表示装置のような角型基板に対する処理の場合、基板の角部においてプラズマが不均一になってしまうという問題もある。

【0022】したがって、従来の第1のプラズマ処理装置においては、大面積基板、特に角型基板を処理することが困難であるといった課題がある。

【0023】《従来の第2のプラズマ処理装置の課題》また、図8に示した従来の第2のプラズマ処理装置のように、矩形導波管81を伝播させたマイクロ波を2つのスリット、すなわち、導波管アンテナ82から放射する方式の場合には、上記伝播ロスを低く抑えることができる。しかしながら、生成されたプラズマ中に負イオンが多く存在する反応性プラズマの場合には、プラズマの両極性拡散係数が小さくなるため、プラズマがマイクロ波の放射されているスリット近傍に偏ってしまうという問題がある。この問題は、プラズマの圧力が高い場合には、なおいっそう深刻化する。したがって、負イオンが生成されやすい酸素、水素および塩素等を含むガスを原料としたプラズマ処理を大面積に施すことが困難であり、特にその圧力が高い場合に困難であるといった課題がある。

【0024】本発明の目的は、上記の課題を解決し、反応性プラズマの場合であっても、大面積基板や角型基板を処理することができるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明においては特許請求の範囲に記載するような構成をとる。

【0026】すなわち、請求項1記載のプラズマ処理装置は、導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記導波管の前記電磁波放射窓と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とする。

【0027】また、請求項2記載のプラズマ処理装置は、導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓の前記導波管と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とする。

【0028】また、請求項3記載のプラズマ処理装置は、導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、前記導波管アンテナから前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓は、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなることを特徴とする。

【0029】また、請求項4記載のプラズマ処理装置は、請求項3記載のプラズマ処理装置において、前記第2の部材の大きさは、前記電磁波の波長の $1/8$ よりも大きいことを特徴とする。

【0030】また、請求項5記載のプラズマ処理装置は、導波管と、導波管アンテナと、誘電体からなる電磁波放射窓と、前記導波管アンテナと前記電磁波放射窓とに挟まれた誘電体空間とを具備し、前記導波管アンテナから前記誘電体空間および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けたことを特徴とする。

【0031】また、請求項6記載のプラズマ処理装置は、請求項5記載のプラズマ処理装置において、前記メッシュの間隔は、前記導波管アンテナの下で狭く、そこから離れるに従って広くしてあることを特徴とする。

【0032】また、請求項7記載のプラズマ処理装置は、同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、前記同軸伝送路から前記電磁波放射板および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓の前記電磁波放射板と対向する面に凹凸部を設けた

ことを特徴とする。

【0033】また、請求項8記載のプラズマ処理装置は、同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓とを具備し、前記同軸伝送路から前記電磁波放射板および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓は、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなることを特徴とする。

【0034】また、請求項9記載のプラズマ処理装置は、請求項8記載のプラズマ処理装置において、前記第2の部材の大きさは、前記電磁波の波長の $1/8$ よりも大きいことを特徴とする。

【0035】また、請求項10記載のプラズマ処理装置は、同軸伝送路と、電磁波放射板と、前記電磁波放射板に設けた開口部と、誘電体からなる電磁波放射窓と、前記電磁波放射板と前記電磁波放射窓とに挟まれた誘電体空間とを具備し、前記同軸伝送路から前記電磁波放射板、前記誘電体空間および前記電磁波放射窓を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けたことを特徴とする。

【0036】また、請求項11記載のプラズマ処理装置は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9または10記載のプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓の前記プラズマと接する面は平坦面であることを特徴とする。

【0037】請求項1、2、3、4、5または6のいずれか記載の本発明のプラズマ処理装置では、上記のように、電磁波の伝送に導波管を用い、該導波管に設けたスリットからなる導波管アンテナから電磁波電力をプラズマ中に放射することにより、大電力の電磁波を効率よく放射することが可能である。

【0038】また、請求項1記載のプラズマ処理装置では、導波管の電磁波放射窓と対向する面に凹凸部を設けることにより、該凹凸部によって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0039】また、請求項2記載のプラズマ処理装置では、導波管側に凹凸部を設ける代わりに、電磁波放射窓の導波管と対向する面に凹凸部を設けることにより、同様に該凹凸部によって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0040】また、請求項3記載のプラズマ処理装置では、電磁波放射窓が、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなり、該第2の部材によって電磁波が反射や散乱に

よって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0041】また、請求項4記載のプラズマ処理装置では、前記電磁波放射窓に混合された第2の部材の大きさを、電磁波の波長の1/8よりも大きくすることにより、電磁波が反射や散乱によってより効率的に分散され、電磁波の放射強度をより均一化させることが可能となる。

【0042】また、請求項5記載のプラズマ処理装置では、誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けることにより、該メッシュによって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0043】また、請求項6記載のプラズマ処理装置では、メッシュの間隔を、導波管アンテナの下で狭く、そこから離れるに従って広くすることにより、電磁波が反射や散乱によってより効率的に分散され、電磁波の放射強度をより均一化させることが可能となる。

【0044】また、請求項7記載のプラズマ処理装置では、同軸伝送路からマイクロ波電力を供給するプラズマ処理装置において、電磁波放射窓の電磁波放射板の導波管と対向する面に凹凸部を設けることにより、該凹凸部によって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0045】また、請求項8記載のプラズマ処理装置では、電磁波放射窓が、第1の部材に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材が混合されてなり、該第2の部材によって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0046】また、請求項9記載のプラズマ処理装置では、前記電磁波放射窓に混合された第2の部材の大きさを、電磁波の波長の1/8よりも大きくすることにより、電磁波が反射や散乱によってより効率的に分散され、電磁波の放射強度をより均一化させることが可能となる。

【0047】また、請求項10記載のプラズマ処理装置では、誘電体空間と前記電磁波放射窓との間に、導電性材料からなるメッシュを設けることにより、該メッシュによって電磁波が反射や散乱によって分散され、電磁波の放射強度を均一化させることが可能となる。

【0048】また、請求項11記載のプラズマ処理装置では、電磁波放射窓のプラズマに接する面を平坦面にしておくことにより、成膜やエッチングプロセスにおいて、膜残りやパーティクルの発生を防止することが可能となる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、以下で説明する図面で、同一機能を有するものは同一符号を付け、その

繰り返しの説明は省略する。

【0050】実施の形態1

図1(a)は、本実施の形態1におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【0051】1は矩形導波管、2は導波管アンテナ、3は電磁波、例えばマイクロ波源、4は石英、ガラス、セラミック等の誘電体からなる電磁波放射窓（電磁波導入窓）、5は真空容器、6はガス導入系、7はガス排気系、8はプラズマ処理する基板、9は基板載置部、10は導波管アンテナ2と電磁波放射窓4とに挟まれた誘電体空間（例えば空気）、11は導波管1の電磁波放射窓4と対向する面に設けた凹凸部（凹凸面）である。

【0052】プラズマが生成される真空容器5には、原料ガスを導入するためのガス導入系6と、導入されたガスを排気するためのガス排気系7が接続されている。

【0053】マイクロ波源3の発振器にて発振されたマイクロ波は、矩形導波管1を伝送され、導波管アンテナ2から電磁波放射窓4を介して真空容器5内に放射される。

【0054】本実施の形態1においては、導波管1の導波管アンテナ2が設けられた電磁波放射窓4に対向する面に、例えば幅10mm、高さ5mmの細長い凸部を30mm間隔で設けることにより、凹凸部11が構成されている。

【0055】なお、電磁波放射窓4は、導波管1の凹凸部11の凸部から5mmの間隔をおいて設置されている。また、電磁波放射窓4の両面、すなわち、電磁波放射窓4の導波管1側の面、および導波管1と反対側のプラズマと接する面は平坦面である。

【0056】導波管アンテナ2から放射されたマイクロ波は、導波管1に設けた凹凸部11とプラズマとの間で、反射や散乱を繰り返し、広範囲に分散される。この時、導波管アンテナ2とプラズマとに挟まれた領域は、擬似的な空洞共振器となっている。これは、プラズマの密度が高い場合には、電磁波にとってプラズマは、金属壁として働くためである。プラズマが金属壁として働く条件としては、プラズマ周波数(ω_p)が、放射される電磁波の周波数 ω よりも高いことがあげられる。

【0057】この擬似的な空洞共振器内では、導波管1に設けた凹凸部11の効果により、分散性の高い波が生成されており、凹凸部11のない場合に比べ、電磁波の放射強度の均一性を高くすることができる。

【0058】なお、導波管1に設ける凹凸部11の凸部の形状は、本実施の形態1のような角柱状（直方体状）の凸部を平行に配列した構成に限定されず、例えば円柱状や角錐状や円錐状の凸部を2次元状に多数設けた構成等でもよい。

【0059】なお、本実施の形態1は、請求項1に対応する。すなわち、導波管1と、導波管アンテナ2と、誘電体からなる電磁波放射窓4とを具備し、前記導波管ア

ンテナ2から前記電磁波放射窓4を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記導波管1の開口部11と前記電磁波放射窓4と対向する面に凹凸部12を設けたことを特徴とする。

【0060】また、本実施の形態1は、請求項11にも対応する。すなわち、電磁波放射窓4のプラズマと接する面は平坦面であることを特徴とする。なお、請求項11は、実施の形態1および以下説明する実施の形態2～5のすべてに対応する。

【0061】実施の形態2

図2(a)は、本実施の形態2におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【0062】12は電磁波放射窓4の導波管1と対向する面に設けた凹凸部である。

【0063】本実施の形態2においては、電磁波放射窓4の導波管1に対向する面に、幅10mm、深さ5mmの細長い凸部を30mm間隔で設けることにより、凹凸部12が構成されている。

【0064】この電磁波放射窓4の凹凸部12の凸部は、導波管アンテナ2を設けた導波管1の外周から5mmの間隔をおいて設置されている。また、電磁波放射窓4の凹凸部12を設けた面と反対側のプラズマと接する面(すなわち、電磁波放射窓4の導波管1と反対側の面)は平坦面である。

【0065】本実施の形態2においても、実施の形態1と同様に、導波管アンテナ2から放射されたマイクロ波は、導波管アンテナ2とプラズマとの間に設けた電磁波放射窓4の凹凸部12で反射や散乱を繰り返し、広範囲に分散される。この時、導波管アンテナ2とプラズマとに挟まれた領域は、擬似的な空洞共振器となっている。これは、プラズマの密度が高い場合には、電磁波によってプラズマは金属壁として働くためである。プラズマが金属壁として働く条件としては、プラズマ周波数(ω_p)が、放射される電磁波の周波数 ω よりも高いことがあげられる。

【0066】この擬似的な空洞共振器内では、電磁波放射窓4に設けた凹凸部12の効果により、分散性の高い波が生成されており、凹凸部のない場合に比べ、電磁波の放射強度の均一性を高くすることができる。

【0067】なお、電磁波放射窓4に設ける凹凸部12の凸部の形状は、本実施の形態2のような角柱状(直方体状)の凸部を平行に配列した構成に限定されず、例えば円柱状や角錐状や円錐状の凸部を2次元状に多数設けた構成等でもよい。

【0068】なお、本実施の形態2は、請求項2に対応する。すなわち、導波管1と、導波管アンテナ2と、誘電体からなる電磁波放射窓4とを具備し、前記導波管アンテナ2から前記電磁波放射窓4を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓4の前記導波管と対向する面に

凹凸部12を設けたことを特徴とする。

【0069】実施の形態3

図3(a)は、本実施の形態3のプラズマ処理装置における電磁波放射窓の上面図、(b)は断面図である。

【0070】13は電磁波放射窓4を構成するガラス板、14はガラス板13に混合した球状のセラミックからなる混合部材である。

【0071】本実施の形態3においては、例えばアルミナ(誘電率9)等のセラミックからなる混合部材14が混合されたガラス板(誘電率4.7)13を、電磁波放射窓4として用いている。

【0072】なお、例えば、球状のセラミックからなる混合部材14の直径は2.5cm、電磁波放射窓4の厚さは5cmである。球状の混合部材14の直径は、マイクロ波の波長の1/8よりも大きくしてある。これにより、マイクロ波を効率的に反射や散乱によって分散させることができる。このように、誘電率の異なる混合部材14を混合した電磁波放射窓4を用いることにより、単一材料のガラス板からなる電磁波放射窓を用いた場合に比べ、プラズマの均一性が向上した。

【0073】なお、本発明の効果は、もちろん電磁波放射窓4に混合する誘電率の異なる混合部材14の材料としては、上記のセラミックに限定されるものではなく、サファイア、窒化アルミニウム、ジルコニア等、所望の誘電率の材料を選定することが可能である。また、この混合部材14の材質は単一でなくてもよく、異なる材質の混合部材14を混合してもよい。

【0074】図4(a)は、本実施の形態3のプラズマ処理装置における別の構成の電磁波放射窓の上面図、(b)は断面図である。

【0075】図3では、電磁波放射窓4を構成するガラス板13に混合する混合部材14として、球状の混合部材14を用いたが、図4に示すように、球状に限らず、立方体等の種々の形状の混合部材14を用い、マイクロ波の分散性をよりいっそう高めてもよい。

【0076】なお、本実施の形態3は、請求項3に対応する。すなわち、導波管1と、導波管アンテナ2と、誘電体からなる電磁波放射窓4とを具備し、前記導波管アンテナ2から前記電磁波放射窓4を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓4は、第1の部材(ガラス板13)に、前記第1の部材とは誘電率が異なる少なくとも1種の第2の部材(混合部材14)が混合されてなることを特徴とする。

【0077】また、本実施の形態3は、請求項4に対応する。すなわち、前記第2の部材(混合部材14)の大きさは、前記電磁波の波長の1/8よりも大きいことを特徴とする。

【0078】実施の形態4

図5(a)は、本実施の形態4におけるプラズマ処理装

置の上面図、(b)は断面図である。

【0079】15は誘電体空間10と電磁波放射窓4との間に設けた導電性材料からなるメッシュである。

【0080】本実施の形態4においては、例えば空気からなる誘電体空間10と例えば石英からなる電磁波放射窓4との間、望ましくは電磁波放射窓4の上面に、例えばステンレス製の導電性メッシュ15が設けてある。

【0081】メッシュ15の間隔(メッシュサイズ)としては、マイクロ波の一部が透過すればよく、最大間隔は、マイクロ波の波長の $1/8$ 以下が望ましい。また、本実施の形態4では、このメッシュ15の間隔は、導波管アンテナ2である開口部(スリット)に対応する部分で狭く、そこから離れるに従って広くしてある。ここでは、このメッシュ15の間隔は、最も狭い部分が0.8 cm、最も広い部分が1.5 cmにしてある。

【0082】本実施の形態4では、このような導電性のメッシュ15を設けることにより、マイクロ波が反射、散乱されて分散され、電磁波の放射強度を均一化させることができた。

【0083】なお、本実施の形態4において、誘電体空間10、電磁波放射窓4、および導電性メッシュ15の材料は、もちろん本実施の形態4に限定されるものではなく、同様な性質を有する材料であれば、本実施の形態4による効果を奏することができる。

【0084】また、メッシュ15の間隔も前記の数値に限定されるものではなく、マイクロ波の少なくとも一部が透過する間隔にすればよい。

【0085】なお、本実施の形態4は、請求項5に対応する。すなわち、導波管1と、導波管アンテナ2と、誘電体からなる電磁波放射窓4と、前記導波管アンテナ2と前記電磁波放射窓4とに挟まれた誘電体空間10とを具備し、前記導波管アンテナ2から前記誘電体空間10および前記電磁波放射窓4を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記誘電体空間10と前記電磁波放射窓4との間に、導電性材料からなるメッシュ15を設けたことを特徴とする。

【0086】また、本実施の形態4は、請求項6にも対応する。すなわち、前記メッシュ15の間隔は、前記導波管アンテナ2の下で狭く、そこから離れるに従って広くしてあることを特徴とする。

【0087】実施の形態5

図6(a)は、本実施の形態5におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【0088】16は同軸伝送路、17はマイクロ波放射板、18は円形マイクロ波放射板17に同心円状に設けたスリット、19は電磁波放射窓4に設けた半球状の凸部を有する凹凸部である。

【0089】本実施の形態5は、同軸伝送路16から円形マイクロ波電力が供給されるプラズマ処理装置に関する

る。

【0090】本実施の形態5では、同軸伝送路16から円形マイクロ波放射板17の中心に向けて導入したマイクロ波を、円形マイクロ波放射板17の径方向に伝播させつつ、円形マイクロ波放射板17に設けたスリット18から石英、ガラス、セラミック等の誘電体材料からなる電磁波放射窓4を介して真空容器5内に放射される。

【0091】本発明の実施の形態5においては、電磁波放射窓4の円形マイクロ波放射板17に対向する面に、直径3 cmの半球状の複数の凸部から構成される凹凸部19を設けている。電磁波放射窓4の凹凸部19の凸部は、円形マイクロ波放射板17から5 mmの間隔をおいて設置されている。また、電磁波放射窓4の凹凸部19を設けた面と反対側のプラズマと接する面は平坦面である。

【0092】円形マイクロ波放射板17のスリット18から放射されたマイクロ波は、円形マイクロ波放射板17とプラズマとの間に設けた電磁波放射窓4の凹凸部19で反射や散乱を繰り返して、広範囲に分散される。この時、円形マイクロ波放射板17とプラズマに挟まれた領域は、擬似的な空洞共振器となっている。これは、プラズマの密度が高い場合には、電磁波にとってプラズマは金属壁として働くためである。プラズマが金属壁として働く条件としては、プラズマ周波数(ω_p)が、放射される電磁波の周波数 ω よりも高いことがあげられる。

【0093】この擬似的な空洞共振器内では、電磁波放射窓4に設けた凹凸部19の効果により、分散性の高い波が生成されており、凹凸部のない場合に比べ、電磁波の放射強度の均一性を高くすることができる。

【0094】なお、電磁波放射窓4に設ける凹凸部19の凸部の形状は、本実施の形態5のような半球状の凸部を2次元状に多数設けた構成に限定されず、例えば実施の形態2のような角柱状(直方体状)の凸部を平行に配列した構成や、半円柱状の凸部を平行に配列した構成や、あるいは円柱状や角錐状や円錐状の凸部を2次元状に多数設けた構成等でもよい。

【0095】なお、本実施の形態5は、請求項7に対応する。すなわち、同軸伝送路16と、電磁波放射板17と、前記電磁波放射板17に設けた開口部(スリット18)と、誘電体からなる電磁波放射窓4とを具備し、前記同軸伝送路16から前記電磁波放射板17および前記電磁波放射窓4を通して放射された電磁波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置において、前記電磁波放射窓4の前記電磁波放射板17と対向する面に凹凸部を設けたことを特徴とする。

【0096】また、本実施の形態5における同軸伝送路16から円形マイクロ波電力が供給されるプラズマ処理装置においても、電磁波放射窓4に凹凸部19を設ける代わりに、図3、4の実施の形態3のように、誘電率の異なる材料を混合した電磁波放射窓4を用いたり(請求

項8に対応)、該実施の形態3のように、混合部材14の直径をマイクロ波の波長の1/8よりも大きくしたり(請求項9に対応)、図5の実施の形態4のように、電磁波放射窓4の上に導電性メッシュ15(請求項10に対応)を設けてもよく、これらにより本発明による効果が得られることは言うまでもない。さらに、本発明では、実施の形態1～5の構成を適宜組み合わせることも可能である。

【0097】上記のように、実施の形態1～4のプラズマ処理装置においては、導波管アンテナ2とプラズマ間の擬似的なキャビティーにおいて、マイクロ波を分散させることにより、アンテナ2の開口部(スリット)の数を少なくすることができる。これにより、アンテナ間の相互作用が小さくなり、アンテナの設計が容易となる。また、アンテナ2の部分よりも広い範囲に電磁波を放射することが可能となるため、大面積のプラズマを生成することが可能となる。また、実施の形態1～5のプラズマ処理装置においては、プラズマに放射される電磁波の強度を均一化することができるとともに、広い範囲に電磁波を放射することが可能となるため、大面積のプラズマを生成することが可能となる。また、実施の形態2、5のプラズマ処理装置においては、電磁波放射窓4の導波管1もしくは円形マイクロ波放射板17と対向する面に、マイクロ波分散用の凹凸部12もしくは19を設けているため、電磁波放射窓4のプラズマにさらされる面は平坦面であり、凹凸部12もしくは19がプラズマにさらされることはない。これにより、電磁波放射窓4のプラズマにさらされる面での膜残りやパーティクル発生を防止することができる。

【0098】以上本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0099】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、反応性プラズマの場合であっても、大面積基板や角型基

板を処理することができるプラズマ処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の実施の形態1におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【図2】(a)は本発明の実施の形態2におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【図3】(a)は本実施の形態3のプラズマ処理装置における電磁波放射窓の上面図、(b)は断面図である。

10 【図4】(a)は本実施の形態3のプラズマ処理装置における電磁波放射窓の上面図、(b)は断面図である。

【図5】(a)は本発明の実施の形態4におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【図6】(a)は本発明の実施の形態5におけるプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

【図7】(a)は第1のプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

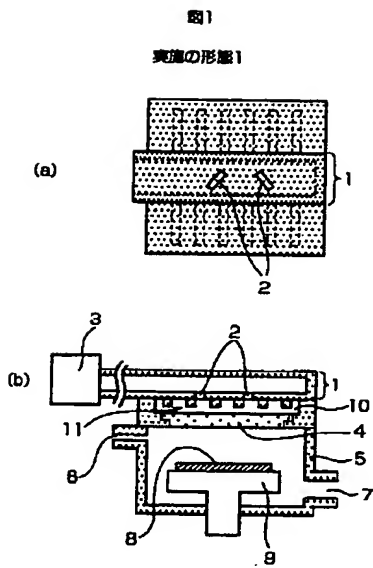
【図8】(a)は第2のプラズマ処理装置の上面図、(b)は断面図である。

20 【符号の説明】

1…矩形導波管、2…導波管アンテナ、3…マイクロ波源、4…電磁波放射窓、5…真空容器、6…ガス導入系、7…ガス排気系、8…基板、9…基板載置部、10…誘電体空間、11…導波管の凹凸部、12…電磁波放射窓の凹凸部、13…ガラス板、14…混合部材、15…導電性メッシュ、16…同軸伝送路、17…円形マイクロ波放射板、18…スリット、19…電磁波放射窓の凹凸部

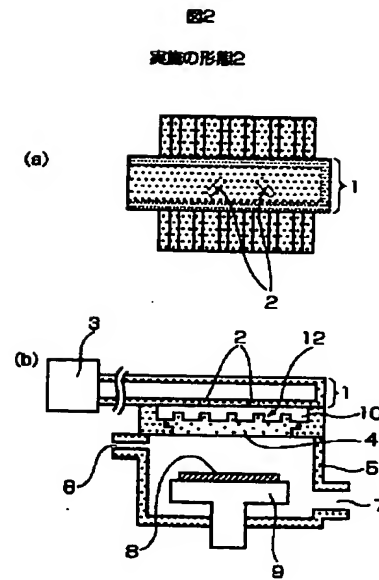
30 71…同軸伝送路、72…円形マイクロ波放射板、73…スリット、74…電磁波放射窓、75…真空容器、76…ガス導入系、77…ガス排気系、78…基板、79…基板載置部、81…矩形導波管、82…導波管アンテナ、83…マイクロ波源、84…電磁波放射窓、85…真空容器、86…ガス導入系、87…ガス排気系、88…基板、89…基板載置部、90…矩形導波管の反射面、91…矩形導波管のH面。

【図1】



- 1…矩形導波管
- 2…導波管アンテナ
- 3…マイクロ波源
- 4…電磁波放射窓
- 5…真空容器
- 6…ガス導入系
- 7…ガス排気系
- 8…基板
- 9…基板設置部
- 10…防塵体空間
- 11…導波管の凹凸部

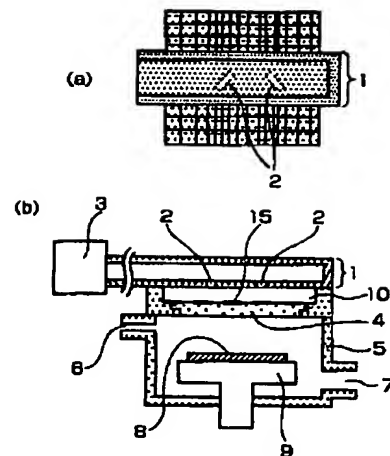
【図2】



- 12…電磁波放射窓の凹凸部

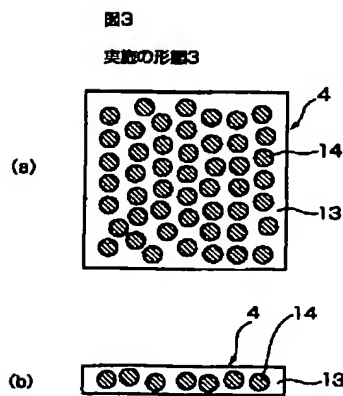
【図5】

図5
実施の形態4



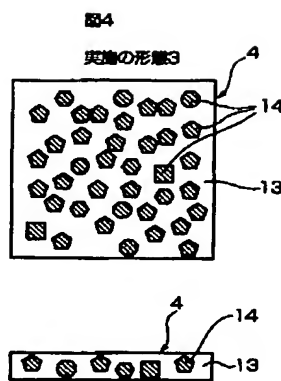
- 16…導電性メッシュ

【図3】



- 13…ガラス板
- 14…重合部材

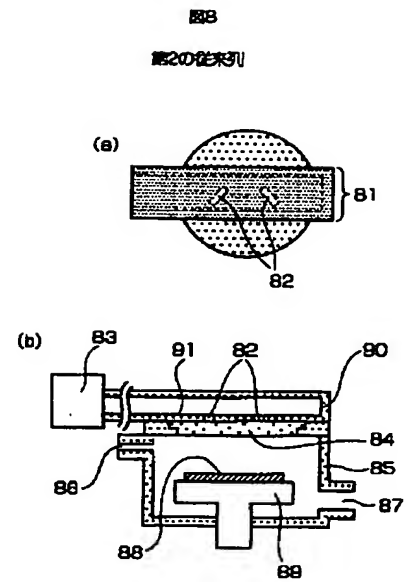
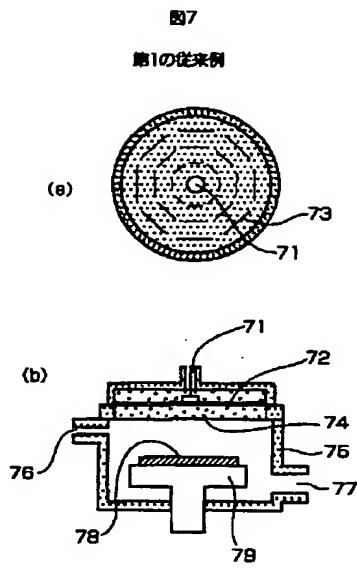
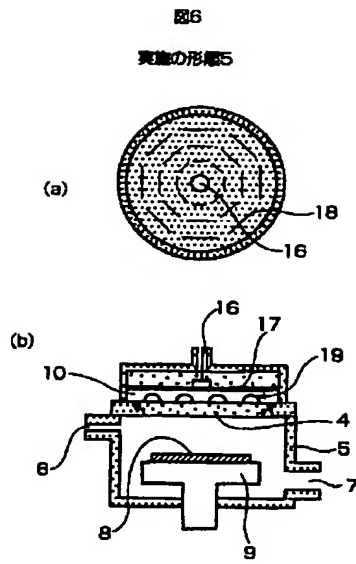
【図4】



【図6】

【図7】

【図8】



16…同軸伝送路
17…円形マイクロ波放射板
18…スリット
19…電磁波放射窓の凹凸部

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 FA02 JA19 KA30 KA46
5F045 AA09 AC01 AC03 AC11 DP02
EH02 EH03